

Arrangement for offset compensation of two orthogonal test signals

Patent number: DE19915968
Publication date: 2000-10-12
Inventor: DIETMAYER KLAUS (DE)
Applicant: PHILIPS CORP INTELLECTUAL PTY (DE)
Classification:
 - **International:** G01C25/00; G01B21/04
 - **European:** G01D5/244D
Application number: DE19991015968 19990409
Priority number(s): DE19991015968 19990409

Also published as:



EP1043569 (A1)
 US6418388 (B1)
 JP2001174253 (A)
 EP1043569 (B1)

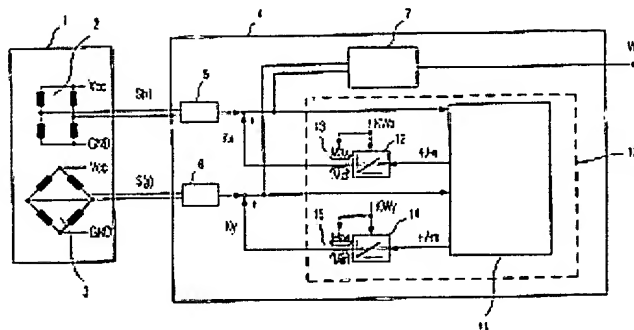
715 also included

Report a data error here

Abstract not available for DE19915968

Abstract of correspondent: **US6418388**

Offset compensation of two orthogonal sensor signals, which are supplied by two sensors and are preferably designed for angle measurements, occurs in dependence on the geometric arrangement of three pairs of test values of the sensor signals in a system of coordinates, the center of a circle on which the three pairs of test values are situated in the system of coordinates having center coordinates DELTAx and DELTAy relative to the origin of the system of coordinates, correction means are provided which perform a sign determination of the values DELTAx and DELTAy of the center coordinates of the circle in a repetitive cycle in each measuring cycle, while in each measuring cycle at least one of the pairs of test values differs from the pair of test values used in the preceding measuring cycle, and which means generate correction signals with which the sensor signals are complemented.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 199 15 968 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
G 01 C 25/00
G 01 B 21/04

21 Aktenzeichen: 199 15 968.8
22 Anmeldetag: 9. 4. 1999
43 Offenlegungstag: 12. 10. 2000

DE 199 15 968 A 1

71 Anmelder:

Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
22335 Hamburg, DE

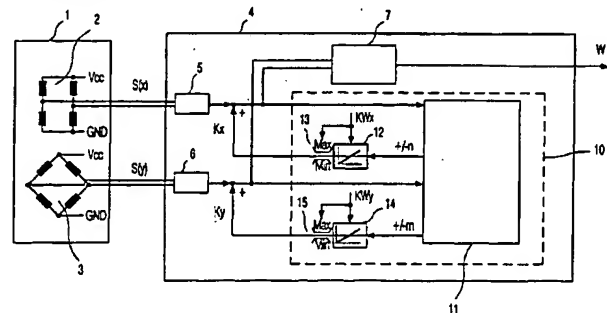
72 Erfinder:

Dietmayer, Klaus, Dr., 21035 Hamburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 **Anordnung zum Offsetabgleich zweier orthogonaler Sensorsignale**

57 Bei einer Anordnung zum Offsetabgleich zweier orthogonaler Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$, welche von zwei Sensoren (2, 3) geliefert werden und vorzugsweise für Winkelmessungen vorgesehen sind, wobei der Offsetabgleich in Abhängigkeit der geometrischen Anordnung dreier Meßwertpaare $P1(x1, y1)$, $P2(x2, y2)$ und $P3(x3, y3)$ der Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ in einem Koordinatensystem erfolgt, wobei der Mittelpunkt eines Kreises, auf dem die drei Meßwertpaare ($P1(x1, y1)$, $P2(x2, y2)$ und $P3(x3, y3)$) in dem Koordinatensystem angeordnet sind, relativ zum Ursprung des Koordinatensystems Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy aufweist, ist für ein möglichst geringer Aufwand zur Durchführung des Offsetabgleichs erfindungsgemäß vorgesehen, daß Korrekturmittel (10) vorgesehen sind, welche in einem sich wiederholenden Zyklus in jedem Zyklusdurchlauf eine Vorzeichenbestimmung der Werte Δx und Δy der Mittelpunktkoordinaten des Kreises, auf dem drei Meßwertpaare $P1(x1, y1)$, $P2(x2, y2)$ und $P3(x3, y3)$ angeordnet sind, vornehmen, wobei in jedem Zyklusdurchlauf wenigstens eines der Meßwertpaare von dem im vorigen Zyklus verwendeten Meßwertpaaren abweicht, und welche Offsetkorrektursignale Kx und Ky erzeugen, mit denen die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ beaufschlagt werden, daß die Korrekturmittel (10) das Offsetkorrektursignal Kx in jedem Zyklusdurchlauf in Abhängigkeit des Vorzeichens der Mittelpunktkoordinate Δx gegenüber dem Offsetkorrektursignal Kx des vorigen Zyklus um einen Korrekturwert KWx erhöhen ...



DE 199 15 968 A 1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Offsetabgleich zweier orthogonaler Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$, welche von zwei Sensoren (2, 3) geliefert werden und vorzugsweise für Winkelmessungen vorgesehen sind, wobei der Offsetabgleich in Abhängigkeit der geometrischen Anordnung dreier Meßwertepaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ der Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ in einem Koordinatensystem erfolgt, wobei der Mittelpunkt eines Kreises, auf dem die drei Meßwertpaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ in dem Koordinatensystem angeordnete sind, relativ zum Ursprung des Koordinatensystems Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy aufweist.

Viele bekannte Meßsysteme bestimmen die Meßgröße, die zu bestimmen ist, aus zwei Meßsignalen x und y , die zu einander orthogonal sind, also einen Phasenversatz von 90° zueinander aufweisen. Somit erzeugt der eine Meßkanal eine Meßgröße proportional zum Sinus der gesuchten Größe, der andere ein Signal proportional zum Kosinus der Größe. Eine derartige Anordnung erlaubt z. B. bei Winkelmeßsystemen eine Berechnung des Winkels. Eine Veränderung der Größe der Signalamplitude ist dabei unerheblich, so lange diese Amplitude sich in beiden Meßkanälen identisch mit der Temperatur oder durch andere Einflüsse verändert. Allerdings wirken sich sogenannte Offsets negativ auf die Meßgenauigkeit aus. Bei diesen Offsets handelt es sich quasi um überlagertes Gleichspannungs- bzw. Gleichstromsignal, das auf ein Minimum zu reduzieren ist. Der Offsetabgleich bei der Produktion der Sensoren ist aufwendig und wird vermieden. Es wird stattdessen versucht, einen Offsetabgleich bei der Anwendung einzusetzen.

Hierzu ist aus dem US-Patent 5,297,063 eine Anordnung bekannt, welche eine Onlinekompensation der Offsets dadurch vornimmt, daß der Kreismittelpunkt eines Kreises berechnet wird, auf dem drei Meßwertpaare liegen. Dieser Kreismittelpunkt ist aufgrund bekannter geometrischer Zusammenhänge zu berechnen. Der Nachteil dieser Anordnung besteht darin, daß die Vorgehensweise relativ aufwendig ist und ein Mikroprozessor benötigt wird.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Anordnung mit möglichst einfachem Offsetabgleich anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß Korrekturmittel vorgesehen sind, welche in einem sich wiederholenden Zyklus in jedem Zyklusdurchlauf eine Vorzeichenbestimmung der Werte Δx und Δy der Mittelpunktkoordinaten des Kreises, auf dem drei Meßwertpaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ angeordnet sind, vornehmen, wobei in jedem Zyklusdurchlauf wenigstens eines der Meßwertpaare von dem im vorigen Zyklus verwendeten Meßwertpaaren abweicht, und welche Offsetkorrektursignale Kx und Ky erzeugen, mit denen die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ beaufschlagt werden,

daß die Korrekturmittel das Offsetkorrektursignal Kx in jedem Zyklusdurchlauf in Abhängigkeit des Vorzeichens der Mittelpunktkoordinate Δx gegenüber dem Offsetkorrektursignal Kx des vorigen Zyklusdurchlaufs um einen Korrekturwert KWx erhöhen oder absenken

und daß die Korrekturmittel das Offsetkorrektursignal Ky in jedem Zyklusdurchlauf in entsprechender Weise in Abhängigkeit des Vorzeichens der Mittelpunktkoordinate Δy um einen Korrekturwert KWy erhöhen oder absenken.

Es wird bei der erfindungsgemäßen Anordnung von dem geometrischen Zusammenhang ausgegangen, daß drei Meßwertpaare, die den Sensorsignalen $S(x)$ und $S(y)$ entnommen werden, auf einem Kreis liegen, dessen Mittelpunkt die Offsets Δx und Δy der beiden Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ kennzeichnet. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung wird auf eine genaue Berechnung der Offsets Δx und Δy verzichtet, um den Aufwand möglichst gering zu halten. Statt dessen wird lediglich eine Vorzeichenbestimmung der Werte von Δx und Δy vorgenommen, die wesentlich einfacher möglich ist und dennoch eine sehr gute Korrektur ermöglicht. Dies wird dadurch erreicht, daß in jedem Zyklusdurchlauf für jeweils drei Meßwertpaare eine Korrektur vorgenommen wird, so daß die Korrektur der Werte Δx und Δy mit jedem neuen Abgleichvorgang immer kleiner wird, so daß abhängig von der gewählten Schrittweite der Veränderung die Werte Δx und Δy so klein wie möglich eingestellt werden, und so ein optimaler Offsetabgleich erfolgt.

Dazu sind in der Anordnung Korrekturmittel vorgesehen, welche in einem zyklischen Vorgang eine Vorzeichenbestimmung der Werte von Δx und Δy vornehmen. Dabei bilden Δx und Δy die Mittelpunktkoordinaten desjenigen Kreises, auf dem drei Meßwertpaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$, die vorher zu ermitteln sind und von denen wenigstens ein Meßwertpaar sich von den in dem vorigen Zyklusdurchlauf verwendeten Meßwertpaaren unterscheiden sollte, liegen.

Ferner erzeugen die Korrekturmittel Offsetkorrektursignale Kx und Ky , die den Sensorsignalen $S(x)$ und $S(y)$ überlagert werden. Die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ werden so mit Hilfe der Offsetkorrektursignale Kx und Ky korrigiert, wodurch ein Offsetabgleich dieser Signale erfolgt.

Dies erfolgt für die beiden Offsetkorrektursignale in gleicher Weise, jedoch unabhängig voneinander. So wird für das Offsetkorrektursignal Kx in jedem Zyklusdurchlauf für jeweils drei Meßwertpaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ zunächst das erwähnte Vorzeichen der Mittelpunktkoordinate Δx bestimmt. Sodann wird in Abhängigkeit dieses Vorzeichens das Offsetkorrektursignal Kx um einen Korrekturwert KWx erhöht oder abgesenkt, abhängig von dem ermittelten Vorzeichen. Bei dem Offsetkorrektursignal Kx wird von demjenigen des vorherigen Zyklus ausgegangen, d. h. das Offsetkorrektursignal Kx wird in jedem Zyklus abhängig von dem in diesem Zyklus ermittelten Vorzeichen der Mittelpunktkoordinate Δx um den Korrekturwert KWx erhöht oder abgesenkt. Auf diese Weise wird das Offsetkorrektursignal Kx in jedem Zyklus in der Weise erhöht oder abgesenkt, daß der Betrag der Mittelpunktkoordinate Δx immer weiter abnimmt und sich einem Minimum annähert, dessen Größe abhängig ist von der Größe des gewählten Korrekturwertes $KW(x)$. Es handelt sich hierbei um ein iteratives Verfahren, bei dem in mehreren Meßschritten, also mehreren Zyklusdurchläufen, ein Offsetabgleich erfolgt, der nahezu optimal ist und dennoch nur sehr geringen Aufwand erfordert, da für die Messung eine Vorzeichenbestimmung der Werte von Δx ausreichend ist.

Die Vorgehensweise für den Offsetabgleich des Signals $S(y)$ entspricht der beschriebenen Vorgehensweise für das Sensorsignale $S(x)$; jedoch wird der Offsetabgleich für beide Signale unabhängig voneinander vorgenommen.

Die in jedem Zyklus vorgenommene Veränderung des Wertes des Offsetkorrektursignals Kx um den Korrekturwert KWx kann in vorteilhafter Weise mit geringem Aufwand mittels zweier Integratoren vorgenommen werden, wie dies gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 vorgesehen ist. Die Integratoren erhalten dann in jedem Zyklus lediglich ein Signal, das angibt, ob eine Veränderung der Offsetkorrektursignale um einen Korrekturwert nach oben oder

um einen Korrekturwert nach unten vorgenommen werden soll, woraufhin die vorher aufintegrierten Werte, die die Offsetkorrektursignale des vorherigen Zyklus bilden, um den neuen Korrekturwert erhöht oder vermindert werden.

Die Korrekturwerte KWx und KWy können einen vorgebbaren Wert haben, wie dies nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 3 vorgesehen ist. Der Wert kann dann beispielsweise je nach Einsatzgebiet verschieden vorgegeben werden.

Haben die Korrekturwerte KWx und KWy in jedem Zyklus den gleichen Wert, so kann eine Korrektur des Offsetabgleichs in jedem Zyklus auch nur um diesen Wert erfolgen. Ist gegebenenfalls ein schnellerer Offsetabgleich gewünscht oder erforderlich, so ist es vorteilhaft, wie gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 4 vorgesehen ist, die Werte von KWx und KWy nicht konstant zu wählen, sondern von dem für die beiden Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy im vorherigen Zyklus gefundenen Vorzeichen und die in dem vorherigen Zyklus gewählten Korrekturwerte KWx und KWy abhängig zu machen. Dies geschieht dann in der Weise, daß beispielsweise der Korrekturwert KWx in einem Zyklusdurchlauf n dann verdoppelt wird, wenn in dem vorherigen Zyklusdurchlauf n-1 für die Mittelpunktkoordinate Δx gleiche Vorzeichen wie in dem aktuellen Zyklus n ermittelt wurde. In diesem Falle wird erkannt, daß der Offsetabgleich bezüglich des Sensorsignals S(x) in der gleichen Richtung zu erfolgen hat bzw. mit dem gleichen Vorzeichen zu erfolgen hat wie im vorherigen Zyklusdurchlauf. Es kann dann eine Verdopplung des Korrekturwertes KWx vorteilhaft vorgenommen werden, da angenommen werden kann, daß in der gleichen Richtung ein größerer Offsetabgleich erforderlich ist. Dieser Vorgang würde sich dann so weit wiederholen, bis das Vorzeichen der Mittelpunktkoordinate Δx wechselt, so daß wieder auf den Ausgangswert des Wertes von KWx, der vorgebar oder fest sein kann, zurückgegangen wird. Im Ergebnis wird also dann, wenn über mehrere Zyklen hinweg ein Offsetfehler des Signals von S(x) mit gleichem Vorzeichen festgestellt wird, der Korrekturvorgang des Offsetabgleichs beschleunigt. Selbstverständlich wird für das Signal S(y) in gleicher Weise vorgegangen, jedoch wiederum unabhängig von der Korrektur des Signals S(x), d. h. die Veränderung der Werte KWx und KWy wird unabhängig voneinander vorgenommen.

Für eine hinreichende Meßgenauigkeit der Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy und somit auch des Offsetabgleichs ist gemäß einer weiteren Ausgestaltung nach Anspruch 5 vorgesehen, daß die drei Meßwertpaare P1(x1,y1), P2(x2,y2) und P3(x3,y3) bestimmte geometrische Bedingungen erfüllen sollten, die dazu führen, daß die Bestimmung des Vorzeichens der Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy mit hinreichender Genauigkeit möglich ist.

Wie gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 6 vorgesehen ist, können die Offsetkorrektursignale Kx und Ky vorteilhaft mittels Begrenzern begrenzt werden, so daß sie nicht beliebige Werte annehmen können. Durch die Begrenzung wird verhindert, daß der Algorithmus aufgrund lang anhaltender Störungen der Signale divergieren kann.

In Verbindung mit den variablen Korrekturwerten KWx und KWy gemäß Anspruch 4 kann darüber hinaus vorgesehen sein, bei Erreichen der Begrenzung die Korrekturwerte KWx und KWy wieder auf ihre Ausgangswerte zurückzusetzen.

Die Grenzwerte für die Begrenzung können, wie gemäß einer weiteren Ausgestaltung nach Anspruch 7 vorgesehen ist, bei einer Initialisierung der Anordnung gesetzt werden.

Bei einer derartigen Initialisierung kann, wie gemäß nach Anspruch 8 vorgesehen ist, auch ein Setzen der Startwerte der Offsetkorrektursignale Kx und Ky vorgenommen werden.

In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung ist in den Ansprüchen 9 und 10 für den Abgleich der Sensorsignale S(x) und S(y) konkret angegeben, wie für drei Meßwertpaare P1(x1,y), P2(x2,y2) und P3(x3,y3) eine Vorzeichenbestimmung auf relativ einfache Weise anhand konkreter, in den Ansprüchen angegebener Gleichungen, vorgenommen werden kann. Dabei wurde in Anspruch 10 für die Bestimmung des Vorzeichens der Mittelpunktkoordinate Δy eine Koordinatentransformation vorgenommen, da auf diese Weise für die Bestimmung des Vorzeichens von Δy ähnliche Gleichungen wie diejenigen für die Bestimmung des Vorzeichens von Δx gemäß Anspruch 9 verwendet werden können. In den Gleichungen sind lediglich die entsprechenden Koordinatenwerte der Meßwertpaare einzusetzen; ansonsten sind die Gleichungen für die beiden Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy infolge der Transformation gleich.

Nachfolgend wird anhand der Zeichnung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein kartesisches Koordinatensystem mit drei darin eingetragenen Meßwertpaaren P1(x1,y1), P2(x2,y2) und P3(x3,y3) mit einer geometrischen Ermittlung der Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy in dem Koordinatensystem und

Fig. 2 eine Anordnung zur Winkelberechnung aus zwei Sensorsignalen S(x) und S(y) zweier Sensoren mit einer erfindungsgemäßen Anordnung zum Offsetabgleich dieser Sensorsignale.

Fig. 1 zeigt ein kartesisches Koordinatensystem x/y, in dem drei Meßwertpaare P1(x1,y1), P2(x2,y2) und P3(x3,y3) aufgetragen sind. Diese Bezeichnung ist so zu verstehen, daß zu einem bestimmten Zeitpunkt t1 die Werte der Sensorsignale S(x) und S(y) bestimmt werden, so daß sich in dem xy-Koordinatensystem der Wert P1(x1,y1) ergibt.

Da die verwendeten Sensorsignale S(x) und S(y) orthogonal zueinander sind, lassen sie sich wie folgt beschreiben

$$x = A \cdot \cos(\alpha) \quad \text{Gl. 1}$$

$$y = A \cdot \sin(\alpha) \quad \text{Gl. 2.}$$

In diesen Gleichungen ist α die gesuchte Größe, also beispielsweise der zu bestimmende Winkel. Die Amplitude A der Signale ist im Prinzip für die Meßwertbestimmung nicht wesentlich, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß A in den Gl. 1 und 2 identisch ist.

Trägt man die Meßwertpaare in einem kartesischen Koordinatensystem auf, wie dies in Fig. 1 geschehen ist, so beschreiben sie einen Kreis. Der Radius dieses Kreises hängt von der Amplitude A ab und kann daher z. B. temperaturabhängig sein. Die gesuchte Größe ist unabhängig von A, da gilt

$$\alpha = \arctan \frac{y}{x} \quad \text{Gl. 3}$$

Jedoch treten dann Probleme auf, wenn eines der beiden Signale einen Gleichanteil bzw. Offset aufweist, da dann die oben aufgeschriebenen Beziehungen nicht mehr gelten und die Auswertung nach Gl. 3 zu einem Fehler führen würde.

Ein solcher Beispielsfall ist in Fig. 1 eingetragen, wobei die drei Meßwertepaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ im Prinzip beliebige Meßwerte der Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ darstellen, von denen in jeden Zyklusdurchlauf der Offsetkorrektur wenigstens ein Meßwertpaar neu bestimmt wird. Die Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt, daß gemäß oben beschriebenem Zusammenhang die drei Meßwertepaare auf einem Kreis liegen. Die Bestimmung des Mittelpunktes des Kreises und dessen Koordinaten Δx und Δy in dem kartesischen Koordinatensystem ist geometrisch recht einfach dadurch möglich, daß jeweils die Mittelsenkrechten $S12$ und $S23$ auf die Verbindungsgerade $G12$ zwischen den Punkten $P1(x1,y1)$ und $P2(x2,y2)$ und auf die Verbindungsgerade $G23$ zwischen den Meßwertepaaren $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ gebildet werden. Der Schnittpunkt dieser Mittelsenkrechten $S12$ und $S23$ bildet den Kreismittelpunkt mit den Koordinaten Δx und Δy . Diese Koordinaten Δx und Δy stellen den Offset für beide Sensorsignale dar.

Die unmittelbare Berechnung der genauen Werte der Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy ist jedoch sehr aufwendig und wird erfindungsgemäß dadurch vermieden, daß lediglich eine Bestimmung der Vorzeichen der Mittelpunktkoordinaten Δx bzw. Δy erfolgt.

Dabei wird in einem Meßzyklus vorgegangen, der sich wiederholt. In jedem neuen Meßzyklusdurchlauf werden neue Meßwertepaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ zur Bestimmung der Vorzeichen Δx und Δy herangezogen; wenigstens sollte eines dieser drei Meßwertepaare gegenüber den in dem letzten Zyklusdurchlauf verwendeten Meßwertepaaren neu sein.

Im folgenden wird erläutert, wie aufgrund der geometrischen bzw. mathematischen Zusammenhänge zwischen den drei Meßwertepaaren $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ eine Bestimmung des Vorzeichens der Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy vorgenommen werden kann.

Der Mittelpunkt $M12$ der Verbindungsgeraden $G12$ zwischen den Meßwertepaar $P1(x1,y1)$ und $P2(x2,y2)$ und die Bestimmung des Mittelpunktes $M23$ der Verbindungsgeraden $G23$ zwischen den beiden Meßwertepaaren $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ kann gemäß den Gleichungen:

$$x_{M12} = \frac{x_1 + x_2}{2}, y_{M12} = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad \text{Gl. 4.1}$$

$$x_{M23} = \frac{x_2 + x_3}{2}, y_{M23} = \frac{y_2 + y_3}{2} \quad \text{Gl. 4.2}$$

vorgenommen werden. Dabei gilt für die Steigung der Geraden $G12$:

$$\alpha_{G12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad \text{Gl. 5}$$

Da die Mittelsenkrechte $S12$ senkrecht auf der Geraden $G12$ steht, gilt für die Steigung der Mittelsenkrechten $S12$:

$$\alpha_{S12} = -\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \quad \text{Gl. 6}$$

Zur vollständigen Bestimmung der Geradengleichung der Mittelsenkrechten $S12$ fehlt noch deren y-Achsenabschnitt b_{S12} . Unter Verwendung des bekannten Punktes $M12$ auf der Verbindungsgeraden ergibt sich aus der allgemeinen Geradengleichung:

$$b_{S12} = y - \alpha_{S12}x = y_{M12} - \alpha_{S12}x_{M12} = \frac{y_1 + y_2}{2} + \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \cdot \frac{x_1 + x_2}{2} \quad \text{Gl. 7}$$

Somit ergibt sich unter Verwendung der nunmehr bekannten Werte α_{S12} und b_{S12} die Geradengleichung:

$$y = \alpha_{S12}x + b_{S12} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \left(-x + \frac{x_1 + x_2}{2} \right) + \frac{y_1 + y_2}{2} \quad \text{Gl. 8}$$

In entsprechender Weise ergibt sich für die Mittelsenkrechte $S23$ die Geradengleichung:

$$y = \alpha_{S23}x + b_{S23} = \frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \left(-x + \frac{x_2 + x_3}{2} \right) + \frac{y_2 + y_3}{2} \quad \text{Gl. 9}$$

mit den Werten:

$$a_{s23} = -\frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \quad \text{Gl. 9.1}$$

$$b_{s23} = \frac{y_2 + y_3}{2} + \frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} \cdot \frac{x_2 + x_3}{2} \quad \text{G. 9.2}$$

Durch Gleichsetzungen der beiden Gleichungen für die Mittelsenkrechte S12 und die Mittelsenkrechte S23 erhält man den Schnittpunkt der beiden Geraden mit den Koordinaten Δx und Δy zu:

$$\Delta x = \frac{b_{s23} - b_{s12}}{a_{s12} - a_{s23}} \quad \text{Gl. 10}$$

$$\Delta y = \frac{a_{s23}b_{s12} - a_{s12}b_{s23}}{a_{s23} - a_{s12}} \quad \text{Gl. 11}$$

Für die Mittelpunktordinate Δx gilt somit, daß diese > 0 ist, wenn das Vorzeichen des Zählers des Bruches in der Gl. 10 gleich dem Vorzeichen dessen Nenners ist. Sind die Vorzeichen verschieden, ist $\Delta x < 0$.

Für die erfindungsgemäße Anordnung zum Offsetabgleich ist diese Vorzeichenbestimmung bereits hinreichend.

Die Bestimmung des Vorzeichens aus der Gl. 11 erscheint hingegen aufwendiger. Es ist daher vorteilhaft, eine Koordinatentransformation in der Weise vorzunehmen, daß ein Austausch der Koordinatenachsen erfolgt. Es gilt dabei die Transformationsvorschrift

$$KS\{x, y\} \rightarrow KS\{y', x'\}.$$

Da hierbei im Prinzip die Koordinatenachsen und somit auch die entsprechenden x- und y-Werte der Meßwertepaare ausgetauscht werden, ergibt sich dann für Δy die Gleichung:

$$\Delta y = \frac{b'_{s23} - b'_{s12}}{a'_{s12} - a'_{s23}} \quad \text{Gl. 16,}$$

wobei für die dort eingetragenen Gleichungswerte gilt:

$$a'_{s12} = -\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad \text{Gl. 12}$$

$$b'_{s12} = \frac{x_1 + x_2}{2} + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{y_2 + y_1}{2} \quad \text{Gl. 13}$$

$$a'_{s23} = -\frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \quad \text{Gl. 14}$$

$$b'_{s23} = \frac{x_2 + x_3}{2} + \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2} \cdot \frac{y_3 + y_2}{2} \quad \text{Gl. 15}$$

Somit kann auch die Bestimmung des Vorzeichens von Δy durch die Bestimmung der Vorzeichen des Bruches in der Gleichung für Δy vorgenommen werden. Es gilt auch hier, daß Δy dann größer oder gleich 0 ist, wenn das Vorzeichen des Zählers des Bruches gleich dem Vorzeichen des Nenners ist. Sind die Vorzeichen der beiden Ausdrücke verschieden, ist $\Delta y < 0$.

Bei dieser Vorgehensweise ergibt sich der Vorteil, daß die Formeln für Δx und Δy im Prinzip gleich aufgebaut sind und somit die Bestimmung für beide Werte auf gleiche Weise erfolgen kann; es sind lediglich verschiedene Koordinatenwerte der drei Meßwertepaare $P1(x_1, y_1)$, $P2(x_2, y_2)$ und $P3(x_3, y_3)$ in die Gleichungen einzusetzen.

In jedem Zyklus bestimmt die erfindungsgemäße Anordnung gemäß dieser Gleichungen die Vorzeichen von Δx und Δy und beaufschlagt die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ mit Offsetkorrektursignalen K_x und K_y , deren Größe in jedem Zyklusdurchlauf abhängig von den in dem Zyklusdurchlauf bestimmten Vorzeichen der Werte von Δx und Δy ist. Auf diese Weise wird in jedem Zyklusdurchlauf eine Verringerung der Beträge der Werte Δx und Δy erzielt, so daß der Offset minimiert wird.

Dies wird im folgenden anhand der Darstellung von Fig. 2 näher erläutert, welche einerseits eine Anordnung zur Winkelbestimmung zeigt, in der wiederum eine erfindungsgemäße Anordnung zum Offsetabgleich vorgesehen ist.

Die Fig. 2 zeigt diese Anordnungen in Form eines Blockschaltbildes. Es ist eine Sensoranordnung 1 vorgesehen, welche zwei Sensoren 2 und 3 aufweist, die wiederum jeweils vier in Form einer Meßbrücke angeordnete Sensorelemente aufweisen. Die beiden Sensoren 2 und 3 sind so zueinander angeordnet, daß sie zueinander orthogonale Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ liefern. Die Signale $S(x)$ und $S(y)$ sind also zueinander um 90° phasenverschoben.

Die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ werden einer Anordnung 4 zur Winkelbestimmung zugeführt. Innerhalb der Anordnung 4 werden das Sensorsignal $S(x)$ einem Analog/Digital-Umsetzer 5 und das Sensorsignal $S(y)$ einem Analog/Digital-Umsetzer 6 zugeführt. Aus diesen digitalisierten Sensorsignalen bestimmten Mittel 7 zur Winkelberechnung den gesuchten Winkel α gemäß der oben angegebenen anhand von Fig. 1 erläuterten Beziehungen der Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$.

Die Mittel 7 liefern ein Signal W , welches diesen Winkel α angibt.

Wie bereits oben erläutert, ist Voraussetzung für eine möglichst genaue Bestimmung des Winkels, daß die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ keinen Offset aufweisen, d. h. keinen Gleichanteil beinhalten.

Um einen gegebenenfalls in den Sensorsignalen $S(x)$ bzw. $S(y)$ enthaltenen Gleichanteil zu minimieren, ist in der Anordnung 4 eine erfindungsgemäße Anordnung zum Offsetabgleich mit Korrekturmitteln 10 vorgesehen.

Die Korrekturmittel 10 beinhalten eine Steuerung 11, der die digitalisierten Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ zugeführt werden.

Die Korrekturmittel 10 erzeugen ausgangsseitig Offsetkorrektursignale K_x und K_y , die den digitalisierten Sensorsignalen $S(x)$ und $S(y)$ überlagert werden. Auf diese Weise wird eine Offsetkorrektur der digitalisierten Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ vorgenommen, so daß die Mittel zur Winkelberechnung eine fehlerfreie Bestimmung des Winkels W vornehmen können. Die Korrekturmittel 11 arbeiten dabei unabhängig von den Mitteln 7 zur Winkelbestimmung und nehmen diese Offsetkorrektur zyklusweise vor.

In jedem Zyklusdurchlauf sammeln die Korrekturmittel 11 zunächst die Koordinatenwerte dreier Meßwertepaare, die den digitalisierten Sensorsignalen $S(x)$ und $S(y)$ entnommen werden. Es werden also die Koordinaten dreier Meßwerte $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$ gesammelt. Diese Meßwerte können im Prinzip beliebig sein, sollten jedoch auf dem Kreis, wie in Fig. 1 angedeutet, nicht zu nahe beieinander liegen; außerdem sollte sich wenigstens eines dieser drei Meßwertepaare von den im vorigen Zyklusdurchlauf verwendeten Meßwertepaaren unterscheiden. Hierfür kann als Erwägung beispielsweise das Kriterium herangezogen werden, daß die Geraden $G12$ und $G23$ gemäß Fig. 1 wenigstens einen Winkel von 5° oder besser 10° zueinander aufweisen sollten.

Nachdem die Steuerung 11 in den Korrekturmitteln 10 die Werte dieser drei Meßwertepaare gesammelt hat, kann aufgrund der oben angegebenen Gleichungen eine Bestimmung der Vorzeichen von Δx und Δy vorgenommen werden. Dies erfolgt innerhalb der Steuerung 11. Dabei wird anhand der oben erläuterten geometrischen Beziehungen bzw. der erläuterten Gleichungen vorgegangen.

Ist diese Vorzeichenbestimmung erfolgt, gibt die Steuerung 11 abhängig von den ermittelten Vorzeichen entsprechende Signale an Integratoren 12 bzw. 14. Die Integratoren 12 bzw. 14 liefern ausgangsseitig Offsetkorrektursignale K_x bzw. K_y . Gegebenenfalls können den Integratoren 12 bzw. 14 Begrenzer 13 bzw. 15 nachgeschaltet sein, die die Offsetkorrektursignale begrenzen und gegebenenfalls bei Erreichen der Grenzwerte ein Rücksetzen der Offsetkorrektursignale K_x und K_y auf Sollwerte oder auf Ausgangswerte vornehmen.

Wie oben erläutert, gibt die Steuerung 11 in jedem neuen Zyklusdurchlauf, dem drei Meßwertepaare $P1(x1,y1)$, $P2(x2,y2)$ und $P3(x3,y3)$, von denen wenigstens eines neu ist, zugrunde liegen, abhängig von dem gefundenen Vorzeichen des Wertes Δx ein entsprechendes Signal an den Integrator 12. Der Integrator 12 liefert zunächst noch das Offsetkorrektursignal K_x , das über die vorherigen Zyklusdurchläufe hinweg aufintegriert gebildet wurde. Wird beispielsweise für einen aktuellen Zyklusdurchlauf n gefunden, daß der Wert $\Delta x \geq 0$ ist, so wird ein entsprechendes Signal an den Integrator 12 gegeben und der Wert des Offsetkorrektursignals K_x aus dem vorherigen Zyklusdurchlauf wird um einen Korrekturwert KW_x mittels des Integrators 12 erhöht. In dem neuen Zyklusdurchlauf wird also der Wert des Offsetkorrektursignals K_x um den Wert KW_x erhöht. In entsprechender Weise wird der Wert des Offsetkorrektursignals K_x um den Wert KW_x vermindert, wenn die Steuerung 11 feststellt, daß $\Delta x \leq 0$ ist. In dieser Weise wird fortlaufend in jedem neuen Zyklusdurchlauf das Offsetkorrektursignal K_x um den Korrekturwert KW_x erhöht oder vermindert, abhängig von dem Vorzeichen von Δx . Auf diese Weise wird erreicht, daß der Betrag von Δx minimiert wird, was nichts anderes als einen Offsetabgleich dieses Signals bzw. des Sensorsignals $S(x)$ bedeutet. In entsprechender Weise wird mittels der Steuerung 11 und dem Integrator 14 eine Offsetkorrektur des Signals $S(y)$ anhand der Vorzeichenwerte von Δy vorgenommen.

Hierbei ist zu beachten, daß die Offsetkorrektur der beiden Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ unabhängig voneinander stattfindet, also die Bestimmung der Vorzeichen von Δx und Δy ebenso unabhängig voneinander ist wie die Arbeitsweise der Integratoren 12 und 14.

Wie oben bereits angedeutet, können den Integratoren 12 und 14 Begrenzer 13 bzw. 15 nachgeschaltet sein, die eine Begrenzung der Offsetkorrektursignale K_x und K_y vornehmen. Außerdem kann gegebenenfalls bei Erreichen der Grenzen vorgesehen sein, daß die Begrenzer 13 bzw. 15 die Integratoren 12 bzw. 14 zurücksetzen, so daß der mit jedem Zyklus sich fortsetzende Integrationsvorgang zur Erzeugung der Offsetkorrektursignale K_x und K_y bei dem Ausgangswert beginnt. Dies ist sinnvoll, da bei Erreichen der Grenzwerte angenommen werden kann, daß das System nachhaltig gestört wurde, so daß ein Rücksetzen sinnvoll ist.

In der bisherigen Beschreibung wurde von dem Fall ausgegangen, daß mit jedem neuen Zyklusdurchlauf der Wert beispielsweise des Offsetkorrektursignals K_x um den Wert KW_x erhöht oder vermindert wird und daß der Wert KW_x immer konstant ist. Dieser Wert KW_x kann vorgegeben werden, wobei seine Größe von dem Einsatzzweck abhängig sein kann.

Darüber hinaus kann der Korrekturwert KW_x jedoch auch dynamisch gewählt werden, und zwar abhängig von der Vorgeschichte. Dabei wird in einem Zyklusdurchlauf n der Wert von KW_x dann verdoppelt, wenn in dem vorherigen Zyklusdurchlauf $n-1$ für die Koordinate Δx das gleiche Vorzeichen gefunden wurde wie im aktuellen Zyklusdurchlauf. Dies ist sinnvoll, da dann, wenn in beiden aufeinanderfolgenden Zyklusdurchläufen für Δx das gleiche Vorzeichen gefunden wurde, klar ist, daß in beiden Zyklusdurchläufen eine Offsetkorrektur in gleicher Richtung erfolgen muß. Damit liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit ein größerer Offsetkorrekturfehler in dieser Richtung vor, so daß es sinnvoll ist, die Schrittweite, mit der das Offsetkorrektursignal $K(x)$ in dieser Richtung verändert wird, zu erhöhen. Dabei kann vorteilhaft wie in jedem Zyklusdurchlauf, für den das gleiche Vorzeichen Δx gefunden wurde wie im vorherigen Zyklusdurchlauf, der Korrekturwert KW_x gegenüber demjenigen des vorherigen Zyklusdurchlauf verdoppelt werden. Diese Verdoppelung erfolgt so lange, bis das Vorzeichen von Δx wechselt. Wenn ein Vorzeichenwechsel festgestellt wird, wird im nächsten

Schritt der letzte Korrekturwert KW_x , der zu groß war, rückgängig gemacht. Außerdem wird wieder mit dem kleinsten Korrekturwert begonnen.

In der Darstellung gemäß Fig. 2 kann diese Verdoppelung beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die Steuerung 11 ein entsprechendes Signal an den Integrator 12 liefert, der den Korrekturwert $KW(x)$ in entsprechender Anzahl in den Integrationsprozeß einbezieht.

Entsprechendes gilt selbstverständlich für den Offsetkorrekturabgleich des Signals $S(y)$ und die Arbeitsweise der Steuerung 11 und des Integrators 14 in bezug auf die Offsetkorrektur dieses Signals in Abhängigkeit des Vorzeichens der Mittelpunktordinate Δy .

In diesem Falle wird mit jedem neuen Zyklusdurchlauf ein Vergleich des Vorzeichens der jeweiligen Mittelpunktordinate Δx bzw. Δy mit dem Vorzeichen der entsprechenden Koordinate des vorherigen Zyklusdurchlaufs vorgenommen und ein entsprechendes Signal an die Integratoren 12 und 14 abgegeben.

Im Ergebnis wird mittels der erfindungsgemäßen Anordnung erreicht, daß die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ unabhängig voneinander mittels der Offsetkorrektursignale K_x und K_y bezüglich eines gegebenenfalls vorhandenen Offsets bzw. Gleichanteils korrigiert werden, so daß die Mittel 7 zur Winkelberechnung eine optimale Bestimmung des Winkels vornehmen können. Die Vorgehensweise ist dabei relativ einfach, da nur eine Vorzeichenbestimmung der Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy zu erfolgen hat und die Steuerung 11 in Abhängigkeit der gefundenen Vorzeichen wiederum Steuerungssignale an die Integratoren 12 und 14 liefert, die die aufintegrierten Offsetkorrektursignale K_x und K_y in jedem Zyklus anhand der gefundenen Vorzeichen von Δx bzw. Δy entsprechend korrigieren.

Insbesondere muß durch die erfindungsgemäße Anordnung keine aufwendige genaue Bestimmung der Werte von Δx und Δy vorgenommen werden, welche gegebenenfalls Mikroprozessoren oder Ähnliches erfordert. Somit kann die Anordnung einfach gehalten werden, ohne daß bezüglich des Offsetabgleichs wesentliche Nachteile in Kauf genommen werden müssen.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Offsetabgleich zweier orthogonaler Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$, welche von zwei Sensoren (2, 3) geliefert werden und vorzugsweise für Winkelmessungen vorgesehen sind, wobei der Offsetabgleich in Abhängigkeit der geometrischen Anordnung dreier Meßwertepaare $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ und $P_3(x_3, y_3)$ der Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ in einem Koordinatensystem erfolgt, wobei der Mittelpunkt eines Kreises, auf dem die drei Meßwertepaare $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ und $P_3(x_3, y_3)$ in dem Koordinatensystem angeordnet sind, relativ zum Ursprung des Koordinatensystems Mittelpunktkoordinaten Δx und Δy aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß Korrekturmittel (10) vorgesehen sind, welche in einem sich wiederholenden Zyklus in jedem Zyklusdurchlauf eine Vorzeichenbestimmung der Werte Δx und Δy der Mittelpunktkoordinaten des Kreises, auf dem drei Meßwertepaare $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ und $P_3(x_3, y_3)$ angeordnet sind, vornehmen, wobei in jedem Zyklusdurchlauf wenigstens eines der Meßwertepaare von dem im vorigen Zyklus verwendeten Meßwertpaaren abweicht, und welche Offsetkorrektursignale K_x und K_y erzeugen, mit denen die Sensorsignale $S(x)$ und $S(y)$ beaufschlagt werden, daß die Korrekturmittel (10) das Offsetkorrektursignal K_x in jedem Zyklusdurchlauf in Abhängigkeit des Vorzeichens der Mittelpunktordinate Δx gegenüber dem Offsetkorrektursignal K_x des vorigen Zyklusdurchlaufs um einen Korrekturwert KW_x erhöhen oder absenken und daß die Korrekturmittel (10) das Offsetkorrektursignal K_y in jedem Zyklusdurchlauf in entsprechender Weise in Abhängigkeit des Vorzeichens der Mittelpunktordinate Δy um einen Korrekturwert KW_y erhöhen oder absenken.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Integratoren (12, 14) vorgesehen sind, mittels welcher in jedem Zyklus die Offsetkorrektursignale K_x und K_y des vorigen Zyklus um die Korrekturwerte KW_x bzw. KW_y des aktuellen Zyklus erhöht bzw. vermindert werden.
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturwerte KW_x bzw. KW_y einen konstanten, vorgebbaren Wert haben.
4. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (10) in einem Zyklus den Korrekturwert KW_x verdoppeln, wenn in dem vorigen Zyklus die Mittelpunktordinate Δx das gleiche Vorzeichen hatte wie im aktuellen Zyklus, und den Korrekturwert KW_y verdoppeln, wenn in dem vorigen Zyklus die Mittelpunktordinate Δy das gleiche Vorzeichen hatte wie im aktuellen Zyklus.
5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (10) nur solche drei Meßwertepaare $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ und $P_3(x_3, y_3)$ für die Offsetkorrektursignalberechnung heranziehen, deren die drei Wertepaare $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ und $P_3(x_3, y_3)$ in dem Koordinatensystem verbindenden Geraden G_{12} und G_{23} einen Winkel von wenigstens 5 Grad zueinander aufweisen.
6. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Begrenzer (13, 15) vorgesehen sind, welche eine Begrenzung der Werte der Offsetkorrektursignale K_x und K_y auf vorgegebene oder vorgebbare Grenzwerte vornehmen.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei jeder Inbetriebnahme der Anordnung eine Initialisierung vorgenommen wird, bei der ein Setzen der Grenzwerte erfolgt.
8. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei jeder Inbetriebnahme der Anordnung eine Initialisierung vorgenommen wird, bei der die Korrekturmittel ein Setzen der Startwerte der Offsetkorrektursignale K_x und K_y vornehmen.
9. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (10) die Bestimmung des Vorzeichens des Mittelpunktkoordinatenwertes Δx der drei Meßwertepaare $P_1(x_1, y_1)$, $P_2(x_2, y_2)$ und $P_3(x_3, y_3)$ gemäß der Entscheidungsvorschrift

$\Delta x \geq 0$, wenn gilt: $\text{Sign}\{(b_{s23} - b_{s12})\} = \text{Sign}\{(\alpha_{s12} - \alpha_{s23})\}$

$\Delta x < 0$, wenn gilt: $\text{Sign}\{(b_{s23} - b_{s12})\} \neq \text{Sign}\{(\alpha_{s12} - \alpha_{s23})\}$

vornimmt, wobei gilt:

$$a_{s12} = -\frac{x2 - x1}{y2 - y1}, \quad a_{s23} = -\frac{x3 - x2}{y3 - y2}, \quad b_{s12} = \frac{y1 + y2}{2} + \frac{x2 - x1}{y2 - y1} \cdot \frac{x1 + x2}{2} \quad \text{und}$$

$$b_{s23} = \frac{y2 + y3}{2} + \frac{x3 - x2}{y3 - y2} \cdot \frac{x2 + x1}{2}.$$

10. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrekturmittel (10) die Bestimmung des Vorzeichens des Mittelpunktkoordinatenwertes Δy der drei Meßwertepaare $P1(x1, y1)$, $P2(x2, y2)$ und $P3(x3, y3)$ in einem transformierten Koordinatensystem KS' mit der Transformationsvorschrift

$$KS\{x, y\} \rightarrow KS'\{y', x'\}$$

gemäß der Entscheidungsvorschrift

$\Delta y \geq 0$, wenn gilt: $\text{Sign}\{(b_{s23} - b_{s12})\} = \text{Sign}\{(\alpha'_{s12} - \alpha'_{s23})\}$

$\Delta y < 0$, wenn gilt: $\text{Sign}\{(b'_{s23} - b_{s12})\} \neq \text{Sign}\{(\alpha'_{s12} - \alpha'_{s23})\}$

vornimmt, wobei gilt:

$$a'_{s12} = -\frac{y2 - y1}{x2 - x1}, \quad a'_{s23} = -\frac{y3 - y2}{x3 - x2}, \quad b'_{s12} = \frac{x1 + y2}{2} + \frac{y2 - y1}{x2 - x1} \cdot \frac{y1 + y2}{2} \quad \text{und}$$

$$b'_{s23} = \frac{x2 + x3}{2} + \frac{y3 - y2}{x3 - x2} \cdot \frac{y2 + y1}{2}.$$

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

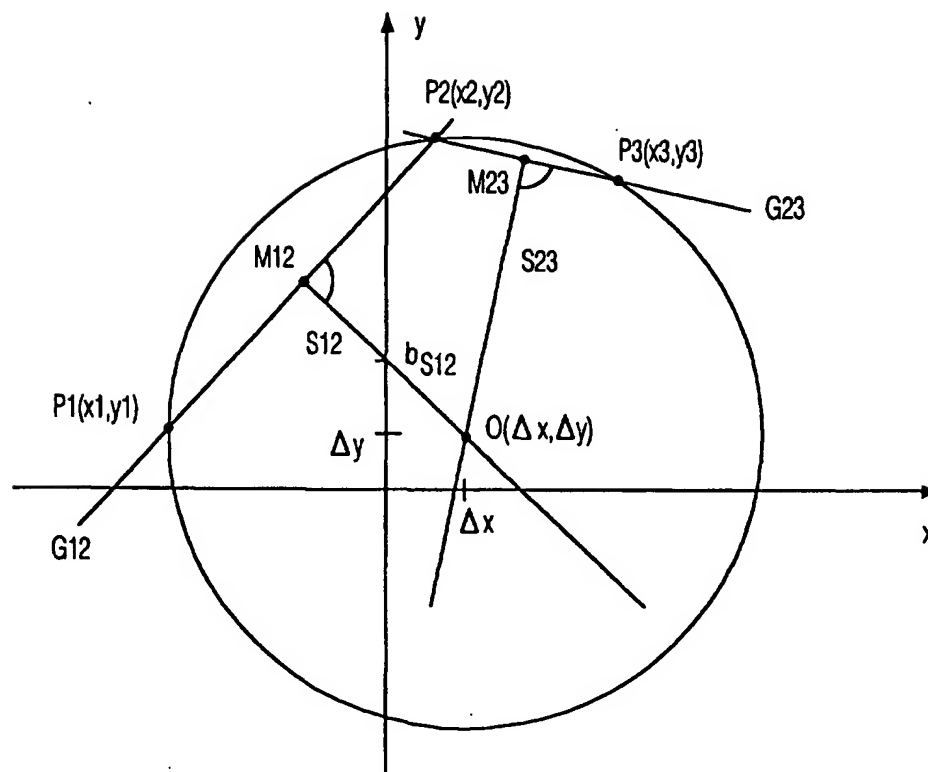


FIG. 1

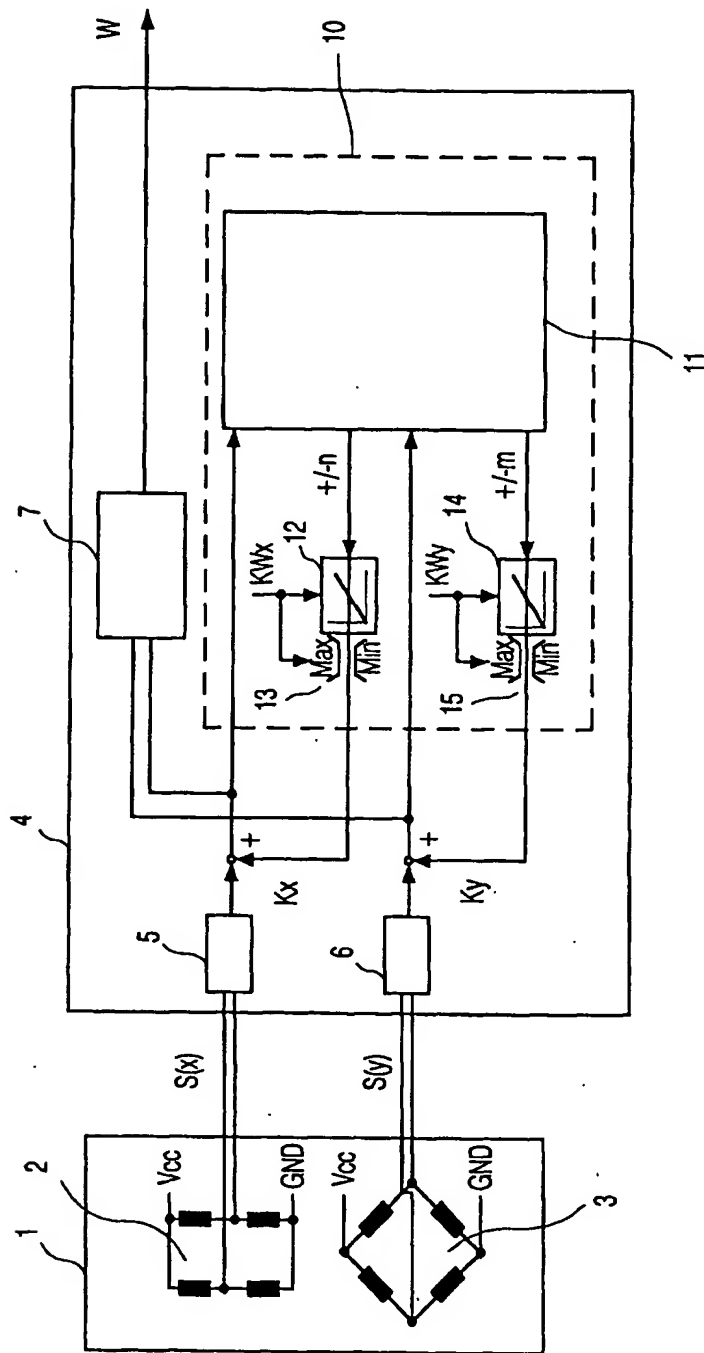


FIG. 2